Spécialité : Etude d'une corde de piano

Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Qu'observe-t-on sur la corde à la fréquence $f_0 = 523$ Hz : combien de ventres et de nœuds ?

Données utiles un fuseau unique de grande amplitude à f_0 ; corde fixe en O et immobile en M

Un fuseau unique : un ventre au milieu, encadré par deux nœuds (O et M).

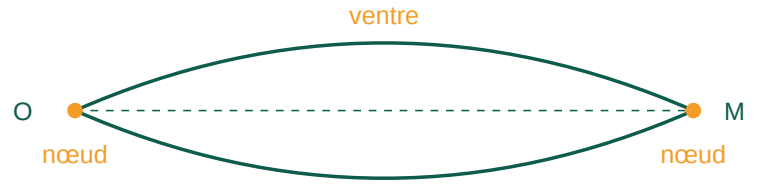
- 1.1.1 : **vrai**.
- 1.1.2 : **faux**, deux ventres donneraient deux fuseaux.
- 1.1.3 : **faux**, même raison.
- 1.1.4 : **faux**, il n'y a que deux nœuds.

Seule la proposition 1.1.1 est vraie : un ventre et deux nœuds.

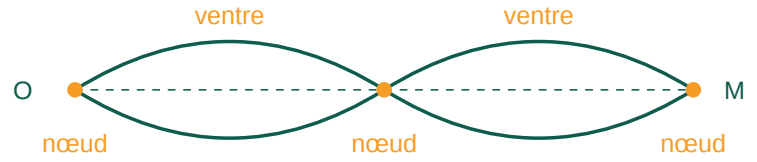
COMPRENDRE
Les ondes stationnaires sur une corde, les harmoniques, la hauteur et le timbre relevaient de l'ancien enseignement de spécialité : ces notions ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

MÉTHODE
Nœud : point toujours immobile. Ventre : point d'amplitude maximale. Avec n fuseaux, on compte n ventres et $n+1$ nœuds, extrémités comprises.

523 Hz : mode fondamental



1046 Hz : harmonique d'ordre 2



1.1 · Aspect de la corde entre O et M : un fuseau à 523 Hz, deux fuseaux à 1046 Hz

1.2 La fréquence $f_0 = 523$ Hz est-elle celle de l'harmonique d'ordre 1, de l'harmonique d'ordre 2, du mode fondamental ?

Un seul fuseau : la corde vibre dans son mode fondamental.
L'harmonique d'ordre n a pour fréquence $n \cdot f_0$.

- 1.2.1 : **vrai**, pour $n = 1$ la fréquence est f_0.
- 1.2.2 : **faux**, l'ordre 2 correspond à $2f_0 = 1046$ Hz.
- 1.2.3 : **vrai**.

1.2.1 et 1.2.3 sont vraies : f_0 est la fréquence du fondamental, ou harmonique d'ordre 1.

PIÈGE
Croire qu'une seule proposition est exacte. L'énoncé prévient qu'il peut y en avoir aucune, une ou plusieurs : ici « fondamental » et « harmonique d'ordre 1 » désignent le même mode.

1.3 Qu'observe-t-on à la fréquence de vibration $f_1 = 1046$ Hz ?

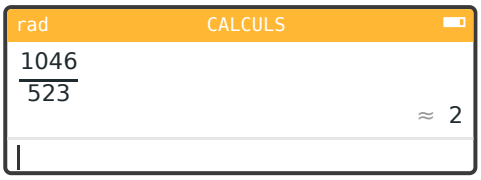
Données utiles $f_0 = 523$ Hz

$f_1 = 1046\ \text{Hz} = 2f_0$: c'est la fréquence propre de l'harmonique d'ordre 2. La corde est en résonance, avec deux fuseaux.

- 1.3.1 : **faux**, le fuseau unique n'existe qu'à f_0.
- 1.3.2 : **vrai**.
- 1.3.3 : **faux**, deux fuseaux comportent 3 nœuds (O, M et le milieu).

Seule la proposition 1.3.2 est vraie : 2 fuseaux à $f_1 = 2f_0$.

À LA CALCULATRICE



1.4 Quelle relation traduit la quantification des modes propres : $n\lambda = 2L$, $n\lambda = L$ ou $n\lambda = \frac{L}{2}$?

- 1.4.1 : **vrai**.
- 1.4.2 : **faux**.
- 1.4.3 : **faux**.

Seule la proposition 1.4.1 est vraie : $n\lambda = 2L$, soit $L = n\,\frac{\lambda}{2}$.

COMPRENDRE

Aucune justification n'est demandée. La raison : un fuseau a pour longueur $\frac{\lambda}{2}$ (distance entre deux nœuds voisins), et la corde contient n fuseaux entre O et M.

1.5 Quelle est la célérité des ondes sur la corde à la fréquence $f_0 = 523$ Hz ?

Données utiles $L = 42{,}2\ \text{cm} = 0{,}422\ \text{m}$; $f_0 = 523$ Hz ; $n\lambda = 2L$ (1.4)

Pour le fondamental, $n = 1$: $\lambda = 2L$. Or $v = \lambda \cdot f_0$, donc

$$v = 2L \cdot f_0 = 2 \times 0{,}422 \times 523 = 441\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- 1.5.1 : **faux** (célérité du son dans l'air).
- 1.5.2 : **faux** (célérité de la lumière dans le vide).
- 1.5.3 : **vrai**.
- 1.5.4 : **faux** (obtenue avec $\lambda = L$).

Seule la proposition 1.5.3 est vraie : $v = 2L \cdot f_0 = 441\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

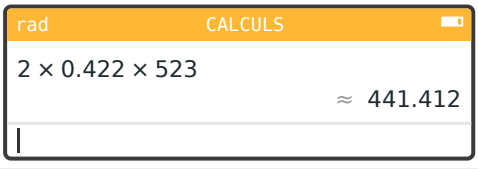
PIÈGE

Laisser L en centimètres, ou prendre $\lambda = L$: pour le fondamental, la corde ne contient qu'une demi-longueur d'onde.

COMPRENDRE

L et f_0 sont donnés avec trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quel est le rôle de la caisse de résonance : augmenter la hauteur du son, augmenter le niveau sonore, entretenir les vibrations de la corde ?

- 2.1.1 : **faux**.
- 2.1.2 : **vrai**.
- 2.1.3 : **faux**.

Seule la proposition 2.1.2 est vraie : la caisse augmente le niveau sonore.

COMPRENDRE

Aucune justification n'est demandée. La corde seule met très peu d'air en mouvement ; la caisse vibre à la même fréquence avec une grande surface. La hauteur est inchangée et aucune énergie n'est apportée à la corde.

2.2 Pour augmenter la hauteur du son émis par la corde, faut-il la tendre davantage ou la détendre ?

Données utiles $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$; $\lambda = 2L$ pour le fondamental (1.4)

La hauteur du son est la fréquence f_0 du fondamental. Avec $v = \lambda \cdot f_0$ et $\lambda = 2L$:

$$f_0 = \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

L et μ étant fixés, f_0 augmente quand la tension F augmente.

- 2.2.1 : **vrai**, le son devient plus aigu.
- 2.2.2 : **faux**, détendre la corde rend le son plus grave.

Seule la proposition 2.2.1 est vraie : il faut tendre davantage la corde.

PIÈGE
Confondre hauteur et niveau sonore. La hauteur est liée à la fréquence du fondamental (grave ou aigu), le niveau sonore à l'amplitude (faible ou fort).

3.1 À quelle fréquence correspond le mode fondamental de la corde, d'après l'enregistrement de la figure 2 ?

Données utiles figure 2 : trois motifs identiques entre $t = 0$ et $t = 5{,}43$ ms

La fréquence de $u(t)$ est celle du fondamental. La figure 2 montre trois périodes en 5,43 ms : $3T = 5{,}43$ ms.

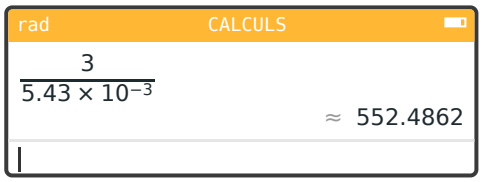
$$f = \frac{1}{T} = \frac{3}{5{,}43 \times 10^{-3}} = 552 \text{ Hz}$$

- 3.1.1 : **faux** (valeur obtenue avec $T = 5{,}43$ ms).
- 3.1.2 : **faux**.
- 3.1.3 : **vrai**.
- 3.1.4 : **faux** (fréquence de l'harmonique d'ordre 2).

Seule la proposition 3.1.3 est vraie : $f = \frac{3}{5{,}43 \times 10^{-3}} = 552$ Hz.

PIÈGE
Prendre l'intervalle entre les deux bosses voisines d'un même motif pour une période. La période est la durée du plus petit motif complet qui se répète à l'identique.

À LA CALCULATRICE



3.2 Le son émis par la corde est un son complexe. Lequel des spectres 3.a, 3.b, 3.c, 3.d lui correspond ?

Données utiles $f = 552$ Hz (3.1) ; r : amplitude de l'harmonique rapportée à celle du fondamental

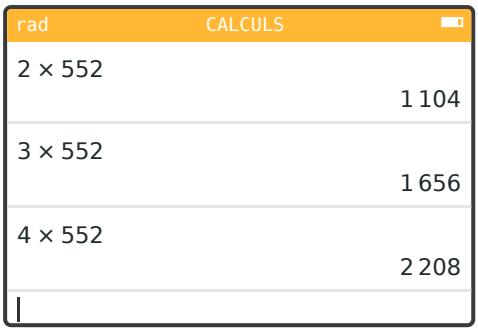
Le spectre doit montrer le pic $r = 1$ du fondamental vers 552 Hz, puis des harmoniques aux fréquences multiples (1104 Hz, 1656 Hz, 2208 Hz…) car le son est complexe.

- 3.2.1 : **vrai**, pic $r = 1$ vers 550 Hz suivi de plusieurs harmoniques.
- 3.2.2 : **faux**, fondamental à 400 Hz.
- 3.2.3 : **faux**, un seul pic : son pur.
- 3.2.4 : **faux**, pic unique, en dessous de 400 Hz.

Seule la proposition 3.2.1 est vraie : le spectre est celui de la figure 3.a.

MÉTHODE
Lire un spectre en deux temps : la position du premier pic donne la fréquence du fondamental (la hauteur) ; le nombre et l'amplitude des autres pics renseignent sur le timbre. Un seul pic : son pur.

À LA CALCULATRICE



3.3 D'après les réponses précédentes et le tableau des fréquences des notes, la corde étudiée est-elle bien ou mal accordée ?

Données utiles $f = 552$ Hz (3.1) ; tableau : do_4 à 523 Hz, $\mathrm{ré}_4$ à 587 Hz

Le fondamental d'un do_4 bien accordé est à 523 Hz. La fréquence mesurée, 552 Hz, se situe entre celles du do_4 et du $\mathrm{ré}_4$.

- 3.3.1 : **faux**.
- 3.3.2 : **vrai**, le son est trop aigu de $552 - 523 = 29$ Hz.

Seule la proposition 3.3.2 est vraie : la corde est mal accordée ($552\ \mathrm{Hz} \neq 523\ \mathrm{Hz}$).

COMPRENDRE

Le son est trop aigu : d'après 2.2, la corde est trop tendue. L'accordeur doit la détendre légèrement pour ramener la fréquence du fondamental à 523 Hz.

À LA CALCULATRICE

